

## Estudio de costes de fertilización con purín porcino en doble cultivo anual en mínimo laboreo y regadío

Yagüe MR<sup>1\*</sup>, Iguácel F<sup>2</sup>, Orús F<sup>2</sup>, Quílez D<sup>1</sup>

**2010.** En: Libro de Actas del II Congreso Español de Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas. Internacional Workshop on Anaerobic Digestion of Slaughterhouse Waste Eds. Bonmatí A, Palatsi J, Prenafeta-Boldú FX, Fernández B, Flotats, X. Impreso por Servei Point. Barcelona. 430 pp. ISBN: 978-84-936421-2-9

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Unidad de Suelos y Riegos. Unidad Asociada al CSIC.

<sup>2</sup> Centro de Transferencia Agroalimentaria de Aragón (CTA).

\* Autor de contacto: [mryague@aragon.es](mailto:mryague@aragon.es)

## Resumen

En los últimos años, el incremento de los costes de los factores de producción (fertilizantes minerales, energía, etc,...) de los cultivos y la situación actual de mercado, han propiciado una mayor utilización del purín como fertilizante, y el aumento de la superficie con mínimo laboreo, ya que ambas actuaciones conducen a una disminución de los costes de producción. Esas dos actuaciones se han conjugado en un ensayo realizado en doble cultivo anual (cebada-maíz) durante tres campañas con los siguientes objetivos: (1) evaluar agrónomicamente el purín como sustitución a la fertilización mineral y (2) estimar los costes de aplicación del purín en dos situaciones: (a) cuando la aplicación se contrata como un servicio externo ( $S_{ext}$ ) y (b) cuando la realiza el agricultor ( $A_{gr}$ ). Se ensayaron distintas estrategias de fertilización con purín en las que se utilizó como referencia las dosis de N mineral aplicadas habitualmente por el agricultor (MR, 104-120 kg N/ha en cebada y entre 200-240 kg N/ha en maíz). En cebada se sustituyó totalmente la fertilización mineral con purín, fraccionado en diferentes proporciones entre fondo y cobertera, mientras que en maíz la sustitución fue parcial, utilizándose purín en fondo complementado con N mineral en cobertera. Los resultados de los tres años, mostraron que en cebada las estrategias de fertilización con purín porcino fraccionado tuvieron la misma respuesta agronómica que la fertilización mineral (MR). En el caso del maíz el purín puede cubrir en su totalidad las necesidades de PK, pero como máximo un 75% de las necesidades de N. El coste de los fertilizantes minerales que pueden ser sustituidos por purín porcino, fue en cebada de  $186 \pm 50$  €/ha (todo el NPK) y en maíz de  $331 \pm 83$  €/ha (75% N+ PK). En la fertilización con purín porcino, el coste de su aplicación en cebada fue de  $82 \pm 3$  € en  $S_{ext}$  y de  $112 \pm 4$  €/ha en  $A_{gr}$ , y en el maíz de  $108 \pm 3$  €/ha en  $S_{ext}$  y de  $149 \pm 7$  €/ha en  $A_{gr}$ . Así, es posible sustituir totalmente en cebada y parcialmente en maíz el fertilizante mineral por purín porcino en condiciones de mínimo laboreo, siendo además económicamente rentable, en las condiciones del ensayo.

## Palabras clave

Cereal, costes, equipos-aplicación, mínimo laboreo, purín porcino.

## INTRODUCCIÓN

En el momento actual, el sector agrario se encuentra en un punto de inflexión en el que suceden cambios socio-económicos importantes que afectan a su rentabilidad económica, además de estar en el punto de mira de la sociedad como posible agente de contaminación. El agricultor percibe como sus costes de producción se incrementan (fertilizantes y energía) a un ritmo mayor que los precios percibidos por el producto final, por lo que los márgenes económicos se reducen, situando a muchas explotaciones agrarias en riesgo de subsistir. Los mayores costes de las explotaciones son el laboreo de la tierra y la fertilización, ambos factores tienen una gran incidencia en la dinámica de los nutrientes y también en la contaminación derivada de la pérdida de estos nutrientes. Por ello, se buscan alternativas a los métodos de laboreo y fertilización tradicionales. Un adecuado manejo de estas labores ayudaría a reducir costes de producción incrementando márgenes económicos y minimizando la contaminación. La finalidad es obtener sistemas agrarios sostenibles, económicamente y medioambientalmente.

En los últimos años la cabaña porcina en España se ha estabilizado entorno a 26 millones de cabezas (MARM, 2010), con un 20% de la producción de la Unión Europea, siendo el segundo país, tras Alemania. La aplicación del purín como fertilizante, en dosis agronómica y medioambientalmente adecuadas es el método más económico para gestionar el purín y constituye uno de los mejores ejemplos de reciclaje de nutrientes, en el sistema suelo-cadena trófica. Muchos estudios demuestran que el purín porcino puede sustituir total o parcialmente a la fertilización mineral sin descenso del rendimiento de los cultivos (Brecht y McDonald, 1994; Petersen, 1996, Jensen y col. 2000). En los últimos años, se ha ido incrementado la superficie de mínimo laboreo y siembra directa en el mundo debido a que estas técnicas reducen costes (Doran y Linn, 1994; Eghball y Gilley, 2001; Archer y col. 2008), y se obtienen rendimientos similares al laboreo tradicional (Eghball y Power, 1999; Singer y col. 2004). Los sistemas de laboreo en la agricultura tienen gran incidencia en la dinámica del N (Zibilske y Bradford, 2003; Angás y col., 2005; Galantini y col., 2007).

En España, los estudios de mínimo laboreo realizados hasta el momento se han enfocado a evaluar la influencia del no laboreo ó mínimo laboreo en el rendimiento de los cultivos respecto al laboreo tradicional (López y col., 1996, López y Arrué, 1997; Ángas y col., 2005; Bescansa y col., 2006), la reducción de costes por ahorro energético (Pérez de Ciriza y col., 2007), o la mejora de las características físicas del suelo como estructura, capacidad de almacenamiento de agua o reducción de la susceptibilidad de pérdidas de suelo por erosión (López y col., 1998). Pero no se ha encontrado bibliografía de estudios agronómicos y económicos en condiciones de mínimo laboreo ó siembra directa con aplicación de purín porcino como fertilizante. Por ello, surge la necesidad de evaluar estrategias de fertilización con purín porcino, agroambientalmente sostenibles, con prácticas agronómicas de mínimo laboreo en las condiciones edafoclimáticas del valle del Ebro, en cereales, y evaluar su rentabilidad económica. La aplicación de purín como fertilizante en siembra directa ó mínimo laboreo, presenta particularidades, como la imposibilidad de su incorporación al suelo tras la aplicación, para reducir las pérdidas de N por volatilización, o la posibilidad de inmovilización del N del purín al ser aplicado sobre el rastrojo de un cultivo precedente, que pueden afectar a la dinámica del N en el sistema y tener implicaciones en la nutrición del cultivo posterior.

Por ello, se realizó un ensayo de fertilización con purín porcino en condiciones de mínimo laboreo, con doble cultivo anual en regadío (cebada-maíz), con riego por aspersión y durante tres años consecutivos. Los objetivos fueron: (1) Estudiar la respuesta de la cebada y el maíz a diferentes estrategias de fertilización con purín porcino combinado con abonado mineral respecto a la fertilización mineral tradicional y (2) Valorar económicamente las mejores alternativas de fertilización con purín, con dos sistemas de gestión para la aplicación del mismo.

## MATERIALES Y METODOS

### **Descripción del ensayo**

El ensayo se realizó en el periodo comprendido entre diciembre de 2006 y diciembre 2009, en la localidad de Bujaraloz en riego por aspersión, completándose tres campañas cebada-maíz. El diseño experimental, fue en bloques al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento.

Se utilizó como dosis de N de referencia la dosis que aplica habitualmente el agricultor en la parcela que fue de 104-120 kg N/ha en cebada ( $DR_{\text{cebada}}$ ) y entre 198-240 kg N/ha en maíz ( $DR_{\text{maíz}}$ ). Estas dosis coinciden con las extracciones estimadas de la cebada para un rendimiento de 5,5 t/ha (100-120 kg N/ha) y del maíz para un rendimiento de 12 t/ha (208-247 kg N/ha) utilizando las extracciones unitarias de N dadas por el Canadian Fertilizer Institute (1998).

Además se utilizó como tratamiento de referencia para evaluar las producciones en los tratamientos con purín el tratamiento mineral del agricultor (MR). En cebada (var. Unica), el agricultor realizó una aplicación en fondo de 26 kg N/ha, 48 kg  $P_2O_5$ /ha y 32 kg  $K_2O$ /ha (iniciador + triple 4-12-8), y otra en cobertera de 78 kg N/ha (en forma de N26), con una dosis total de N aplicado de 104 kg N/ha en la campañas 2006/07 y 2007/08. En la última campaña el N total aplicado se incremento hasta 120 kg N/ha. En las dos estrategias de fertilización con purín porcino para la cebada se aplicó la misma cantidad total de N ( $DR_{\text{cebada}}$ ) pero con dos repartos diferentes (Tabla 1): PCob1: 1/3 de la DR en fondo con purín y 2/3 de la DR en cobertera y PCob2: 1/2 de la DR en fondo con purín y 1/2 de la DR en cobertera con purín.

En maíz (var. PR34 N44), el tratamiento de referencia MR se fertilizó en fondo con 30 kg N/ha, 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 40 kg K<sub>2</sub>O/ha (iniciador + 4-12-8), y el resto del N se aplicó en dos coberteras (aplicado con N26 en el agua de riego) en los estadios de 8 hojas (V8) y salida de penacho (R1). Se utilizaron diferentes estrategias de fertilización con purín (Tabla 1), aplicándose purín en fondo, que se complementaba con N mineral (aplicado con N26 en el agua de riego) en una ó dos coberteras. Las dosis de N aplicadas con el purín fueron diferentes cada año, con la finalidad de maximizar la aplicación de purín en fondo, y se presentan en la Tabla 1. Las dosis de purín a aplicar en todos los casos se establecieron en función del contenido de N amoniacal en el purín.

También se realizó un tratamiento control (N0), en ambos cultivos, en el que no hubo aplicación de fertilizante mineral ni purín, con la finalidad de constatar la respuesta a la fertilización y observar la capacidad productiva propia del suelo.

**Tabla 1.** Dosis de N aplicado (kg N/ha) en fondo y cobertera, en el tratamiento de referencia (MR) y en las dos tratamientos de fertilización con purín para cada cultivo y año de ensayo.

	2006/07				2007/08				2008/09			
	kg N/ha				kg N/ha				kg N/ha			
	Fondo Pu <sup>¶</sup>	M <sup>¶</sup>	Cobertera Pu	M	Fondo Pu	M	Cobertera Pu	M	Fondo Pu	M	Cobertera Pu	M
<b>Cebada</b>												
MR	-	26	-	78	-	26	-	78	-	30	-	90
PCob1	35	-	68	-	34	-	70	-	41	-	80	-
PCob2	53	-	51	-	50	-	52	-	62	-	56	-
<b>Maíz</b>												
	Fondo Pu	M	Cobertera 1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	Fondo Pu	M	Cobertera 1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	Fondo Pu	M	Cobertera 1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
MR	-	30	104	64	-	30	144	64	-	30	130	80
PCob1	134	-	-	64	234	-	-	64	110	-	65	40
PCob2	30	-	104	64	150	-	-	100	180	-	-	80

<sup>¶</sup>Pu: Aplicación con purín porcino, considerando N aplicado con el purín el N en forma amoniacal; M: Aplicación con fertilizante mineral.

## **Metodología y muestreos**

### ● Purín

En cada fecha de aplicación se tomaba una muestra de purín y se analizaba “in situ” mediante conductimetría para determinar el contenido de N amoniacal y ajustar las dosis a aplicar en cada tratamiento. Posteriormente se realizaba la determinación del N amoniacal con el método del Quantofix® en el laboratorio. Algunas de las muestras de purines fueron enviadas al laboratorio, la diferencia entre el contenido de N amoniacal medido mediante conductimetría y Quantofix® y el medido en el laboratorio fue inferior al 5%. Tras la aplicación del purín siempre se realizaba un riego ligero de unos 10-15 mm.

### ● Suelo

Se realizó un muestreo de la capa superficial del suelo (0-0,30 m) antes de comenzar el ensayo (10/03/06). El suelo (Tabla 2) presenta una textura (USDA) franco-arcillo-limosa (28,7 % arena, 41,8

% limo y 29,4 % arcilla) es moderadamente básico, con una CE que no indica problemas de salinidad y un contenido medio de materia orgánica (2,45%). Destaca un contenido de fósforo alto (34,2 mg P/kg), que indicaría que no habría respuesta al abonado fosfórico. Al final de las tres campañas (30/11/09) se realizó una analítica de fertilidad de suelo y metales pesados (Cu y Zn) en los tratamientos MR y la estrategia de purín, PCob1, en las profundidades 0-0,30 y 0,30-0,60 m.

**Tabla 2.** Características del suelo iniciales 0-0,30 m de profundidad.

Parámetro	Inicio (10/03/06)
pH en agua (1:2,5)	8,24
Conductividad eléctrica (1:5; dS/m)	0,21
Materia orgánica (%)	2,45
Nitrógeno mineral (mg N-NO <sub>3</sub> /kg)	13,59
Fósforo (Olsen, mg P/kg)	34,21
Potasio (Ext. Ac. Am, mg K/kg)	340
Carbonatos totales (CaCO <sub>3</sub> , %)	34,18
Caliza activa (%)	11,05
Magnesio (meq/100g suelo)	4,33

#### ● Cultivo

Para determinar la producción en grano y materia seca aérea y poder establecer el índice de cosecha se realizó la cosecha manualmente. En el caso de la cebada, mediante aros con superficie de 0,5 m<sup>2</sup> y en maíz se cosecharon 1,5 m de longitud de dos líneas centrales de la parcela, correspondiente a una superficie de muestreo de 2.25 m<sup>2</sup>. En estas muestras de material vegetal se determinó el contenido N total de cada una de las partes de la planta, en el caso de cereal: paja y grano y en el caso de maíz: hojas+tallo, zuro y grano, un total de 54 muestras en cereal y 81 muestras en maíz anuales.

#### ● Prácticas agronómicas.

Las prácticas agronómicas fueron las propias del mínimo laboreo para siembra de cebada sobre rastrojo de maíz y siembra directa sobre rastrojo de cebada. El control de plagas y malas hierbas fue el habitual de la zona.

### **Estimación de costes de fertilización**

● Costes de fertilización mineral: se calcularon teniendo en cuenta las dosis en base a los nutrientes N-P-K, tipo de fertilizantes utilizados por el agricultor (MR) y precios para cada año de ensayo referenciados en MARM (2010), no se contabilizó su aplicación en campo.

● Costes de aplicación de purín se estimaron con la composición media del purín utilizado en el ensayo, 4,5 kg N-NH<sub>4</sub>, 3,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 4,0 kg K<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> en dos situaciones: a) cuando el servicio era contratado como servicio externo y b) cuando el purín es aplicado por el agricultor. El coste del servicio externo (S<sub>ext</sub>) es de 42,7±1,7 €/h como valor medio en los años del ensayo, las características del equipo le permiten realizar el transporte (10 km desde la granja de la parcela) y aplicación del purín en 45 minutos. En el caso de cuando la aplicación la realiza el agricultor con un equipo de 125 CV (considerando una amortización de 1250 h/año, los costes fijos y variables del equipo se obtuvieron de ASEA, 1993, y coste horario del agricultor se ha estimado por renta agraria anual) el tiempo de viaje

estimado es de 58 minutos (Iguácel et al., 2007). En ambos casos la cuba es de, 11,8 m<sup>3</sup>, era cedida por el ganadero y el purín a coste cero, como es la práctica habitual de la zona.

### **Análisis estadístico de los datos**

Para valorar el efecto de los distintos tratamientos de fertilización realizadas sobre los parámetros agronómicos: rendimiento, biomasa total aérea, índice de cosecha y nitrógeno en las distintas partes de la planta y variables de fisico-químicas del suelo se utilizó el análisis de varianza. En el caso de encontrar efectos significativos se compararon los tratamientos mediante la prueba de rango múltiple de Duncan utilizándose un nivel de significación  $p=0,05$ . Este análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS, versión 8.2 (SAS Institute, 1999-2001).

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Rendimiento y nitrógeno total en planta**

En el caso del cultivo de cebada el rendimiento, biomasa total aérea y N total en las distintas partes de la planta, no mostraron diferencias significativas (Tabla 3) entre los valores obtenidos con las dos estrategias de purín (PCob1 y PCob2) y el tratamiento del agricultor MR. Con ambas estrategias de fertilización con purín se cubren las necesidades totales de NPK de la cebada.

En el caso del maíz, se observó (Tabla 3) que en el tratamiento PCob1 en la campaña 2007 no se llegó al rendimiento en grano y N en planta obtenido en el tratamiento MR, mientras que el resto de combinaciones si se obtuvieron el rendimiento y contenido de N en planta del tratamiento de referencia MR. Así la mínima cantidad de N que debe ser aplicada en cobertera para obtener el rendimiento óptimo es alrededor de 80 kg N/ha (PCob2, 2009), es decir, la sustitución de N mineral por purín está en un máximo de 75% de las necesidades de N. Con esta dosis de purín se cubren todas las necesidades de P y K del maíz. Disminuir cobertera mineral a una cobertera menor de 80 kg N/ha, supone incrementar notablemente la aplicación de purín fondo (PCob1, 2007, Tabla 1), para mantener un rendimiento óptimo.

El tratamiento control (N0) en el que no hubo ningún aporte de fertilizante en los 3 años de duración de ensayo, mostró unos valores de producción bastante estables, de 2,2 t/ha en cebada y de 4,5 t/ha en maíz, por lo que la provisión de N mineral del suelo (potencial productivo) puede considerarse alta, en base a las extracciones de los dos cultivos podría estimarse entre 120-150 kg N mineral/ha y año.

**Tabla 3.** Valores de rendimiento (Rend, 12% humedad), biomasa total aérea (BTA), índice de cosecha (IC), contenido de nitrógeno en grano (Ngrano), en hojas y tallo (Nht), del cultivo de cebada y maíz en cada año de ensayo.

Año	Tratamiento	Cebada					Maíz					
		Rend	BTA	IC	Ngrano	Nht	Rend	BTA	IC	Ngrano	Nht	Nzuro
		--- kg N /ha --			--- kg N /ha --		--- kg N /ha --			----- kg N /ha -----		
2006/07	MR	5,8	14,7	0,39B	102	43	13,9A	26,4	0,60	161	68A	12
	PCob1	6,8	15,1	0,45A	102	35	10,6B	20,7	0,57	115	38B	10
	PCob2	6,2	14,1	0,43AB	101	40	14,0A	26,0	0,60	158	56A	11
	Tratamientos	NS <sup>¶</sup>	NS	S <sup>¶</sup>	NS	NS	S	NS	NS	NS	S	NS
	Tratamientos vs N0	NS	NS	S	NS	NS	S	S	S	S	S	S
	N0	6,5	17,4	0,37	86	49	4,6	10,7	0,50	40	21	5
2007/08	MR	5,6	11,1	0,53	78AB	22	13,4	23,7	0,62	191	45	7
	PCob1	5,7	12,5	0,49	84A	29	13,2	23,7	0,61	185	47	7
	PCob2	5,4	11,7	0,50	70B	24	13,8	25,3	0,60	189	46	7
	Tratamientos	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Tratamientos vs N0	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	N0	2,2	4,2	0,56	33	9	4,7	9,6	0,53	51	43	3
2008/09	MR	8,0	16,0	0,53A	117AB	45	14,4	26,0	0,62	SD <sup>§</sup>	SD	SD
	PCob1	7,9	15,0	0,55B	103B	37	15,6	27,5	0,62	SD	SD	SD
	PCob2	8,9	17,1	0,55B	132A	47	13,9	25,2	0,60	SD	SD	SD
	Tratamientos	NS	NS	S	S	NS	NS	NS	NS	SD	SD	SD
	Tratamientos vs N0	S	NS	S	S	S	S	S	S	SD	SD	SD
	N0	2,3	4,3	0,57	30	11	4,4	10,2	0,46	SD	SD	SD

<sup>¶</sup> NS: No significativo  $p > 0.05$ ; S: efecto significativo  $p \leq 0.05$ . Letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos.

<sup>§</sup> SD: Sin Dato.

## Características del suelo

Se evaluó el efecto de la estrategia de fertilización PCob1 (mayor purín aportado respecto a la estrategia PCob2) sobre el suelo comparativamente al tratamiento mineral de referencia (MR). Se observaron concentraciones menores de N-NO<sub>3</sub> en el suelo en PCob1 (6,6 mg/kg) que en tratamiento MR (18,5 mg/kg) a la profundidad de 0,30-0,60 m. En la profundidad de 0-0,30 m los contenidos de N-NO<sub>3</sub> fueron altos y superiores en MR que en PCob1 (aunque no se observaron diferencias significativas). Se observa un ligero aumento de las concentraciones de potasio, Cu y Zn en PCob1 con respecto a MR, que se puede atribuir a la aplicación del purín, pero las diferencias no fueron significativas después de los tres años de ensayo (tabla 4)

**Tabla 4.** Características del suelo al final del ensayo en el tratamiento de referencia (DR) y en la estrategia de fertilización con purín porcino (PCob1), en las profundidades 0-0,30 y 0,30-0,60 m.

Parámetro	Final (30/11/09)					
	0-0,30 m			0,30-0,60 m		
	MR	PCob1	MR vs PCob1	MR	PCob1	MR vs PCob1
pH en agua (1:2,5)	8,51	8,56	NS <sup>†</sup>	8,53	8,83	NS
Conductividad eléctrica (1:5; dS/m)	0,21	0,19	NS	0,20	0,20	NS
Materia orgánica (%)	2,79	2,65	NS	1,57	1,37	NS
Nitrógeno mineral (mg N-NO <sub>3</sub> /kg)	28,8	19,4	NS	18,5	6,6	S
Fósforo (Olsen, mg P/kg)	40,5	29,8	NS	9,1	7,8	NS
Potasio (Ext. Ac. Am, mg K/kg)	477	692	NS	231	367	NS
Magnesio (meq/100g suelo)	5,0	5,7	NS	7,1	7,4	NS
Cu (mg/kg)	0,98	1,15	NS	0,93	0,97	NS
Zn (mg/kg)	2,57	3,24	NS	1,33	1,43	NS

<sup>†</sup> NS: No significativo  $p > 0.05$ ; S: efecto significativo  $p \leq 0.05$ .

Destacar que la aplicación de purín, en estas dosis no supuso un incremento de salinidad, contenido de materia orgánica, P, y Mg respecto a MR. Estos resultados obtenidos tras 3 años de aplicación de purín, con 6 cosechas (3 cebada+ 3 maíz) muestran que el comportamiento del purín en el suelo no difiere significativamente de MR en los principales parámetros considerados (Tabla 4).

## Evaluación de costes de aplicación de purín porcino como fertilizante

Los costes de fertilización mineral con los fertilizantes utilizados por el agricultor, y los precios referenciados en los datos del MARM (2010) se presentan en la Tabla 5. En el caso de la cebada se consideró la sustitución de todo el fertilizante mineral, con un coste medio de  $186 \pm 50$  €/ha, por purín (104 UFN+PK). En el caso del maíz se calcularon los costes en dos situaciones, de sustitución parcial de N: 1) el 63% del N (aprox. 150 kg N /ha) y la totalidad del PK y 2) el 75% del N (aprox. 180 kg N/ha) y la totalidad del PK. En el primer caso (63% del N+PK) el coste medio del fertilizante que se sustituye es  $331 \pm 83$  €/ha y en el segundo caso (75% del N+PK) el coste es de  $357 \pm 91$  €/ha. El resto de N hasta completar las necesidades del maíz de N debe aplicarse con coberteras minerales. La alta desviación estándar del valor medio de los costes de los fertilizantes minerales fue debida al gran incremento de precios ocurrido en el año 2008.



**Tabla 5.** Costes de la fertilización mineral que es posible sustituir por purín en €/ha

Campaña	Cebada	Campaña	Maíz	
	NPK <sup>¶</sup>		63% N+PK <sup>§</sup>	75% N+PK <sup>§</sup>
2006/07	144,4	2007	231,3	247,8
2007/08	149,4	2008	385,6	417,1
2008/09	228,0	2009	310,1	336,1
Media S/IVA	173,0±46,7	Media S/IVA	309,0±77,2	333,7±84,7
Media con/IVA	186,1±50,2	Media con/IVA	330,5±82,6	357,4±90,6

<sup>¶</sup> Cálculo realizado con precios anuales de MARM, 2010.

La aplicación de purín independientemente de quién la realice (agricultor, ganadero o servicio externo) tiene un coste asociado, que es el coste de su aplicación (adquisición de purín se asume a coste cero). Las dosis aplicadas oscilaron entre 30-40 m<sup>3</sup>/ha para un purín de cebo de composición media 4,5 kg N-NH<sub>4</sub> -3,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- 4,0 kg K<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>. Los tiempos medios de cada aplicación, medidos durante la realización del ensayo, coinciden con los de Iguácel et al., (2007) en los casos de tractor de 150CV.

En el caso de la cebada, la aplicación del purín supuso un coste de 82 ± 3 €/ha (S<sub>ext</sub>) y de 108 ± 8 €/ha (A<sub>gr</sub>) lo que supone un ahorro de entre 104-78 €/ha (56-41 %) con respecto a la fertilización mineral tradicional (Tabla 6), para los dos tratamientos evaluados PCob1 y PCob2 (igual dosis de purín, diferente momento).

**Tabla 6.** Coste horario de la aplicación del purín y coste de la aplicación del purín, sustituyendo totalmente al fertilizante mineral en el caso de la cebada y parcialmente en maíz (63% N, totalidad PK y 75% N y totalidad de PK), cuando la aplicación es realizada como servicio externo (S<sub>ext</sub>) y realizado por el propio agricultor (A<sub>gr</sub>).

	Servicio Externo (S <sub>ext</sub> )-150 CV				Agricultor (A <sub>gr</sub> )-125 CV			
	Cebada		Maíz		Cebada		Maíz	
	Costes horarios	NPK t=1,93 h <sup>¶</sup>	63%N+PK t=2,25 h	75%N+PK t=2,57 h	Costes horarios (CF+CV) <sup>§</sup>	NPK t=2,44 h	63% N+PK t=2,85 h	75% N+PK t=3,25 h
	€/h	-----	€ -----	-----	€/h	-----	€ -----	-----
2006	40,6	78,4			40,1	97,9		
2007	41,8	80,7	94,2	107,6	43,2	105,5	123,2	140,5
2008	44,1	85,1	99,1	113,6	46,5	113,4	132,4	151,0
2009	44,1	85,1	99,1	113,6	47,7	116,3	135,8	154,7
Media	42,7	82,3± 3,4	97,5±2,8	111,6 ± 3,5	44,7	108,3±8,3	130,5±6,5	148,7±7,4

<sup>¶</sup> Tiempos de viaje calculados para cada equipo según Iguácel et al., (2007) para una distancia de 10 km.

<sup>§</sup> Costes fijos y variables horarios calculados a partir ASAE (1993), coste horario del agricultor se ha estimado por renta agraria cada año.

Para el maíz los costes de aplicación de purín oscilaron entre 98 ± 3 €/ha (63% del N) y 112 ± 4 €/ha (75% de N) si la aplicación se contrata con un servicio externo y entre 131 ± 7 €/ha (63% del N) y 149 ± 7 €/ha (75% del N) si el purín lo aplica el agricultor (Tabla 6). Esto supone un ahorro máximo de entre 200 y 208 €/ha (48-50 % de los costes totales de fertilización mineral en maíz) dependiendo del sistema de aplicación.

Cuando se considera el año completo con el ciclo cebada-maíz el ahorro fue del 57% ( $S_{ext}$ ) y 47 % ( $A_{gr}$ ) de los costes totales de fertilización mineral NPK (186 €/ha en cebada y 413 €/ha en maíz). El ahorro en los costes de fertilización está estrechamente condicionado por la distancia entre la granja y la parcela y el contenido de nutrientes en el purín. Los valores de ahorro de costes obtenidos son válidos para una distancia de 10 km y riqueza de nutrientes del purín media 4,5 kg N-NH<sub>4</sub> -3,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- 4,0 kg K<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>, estos aumentarían si la distancia entre la granja y la parcela fuera más pequeña y cuando el purín contenga un mayor contenido de nutrientes por metro cúbico.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este ensayo indican que es posible la sustitución total (cebada) ó parcial (maíz) de la fertilización mineral NPK por purín porcino, obteniéndose rendimientos similares. La aplicación de dosis de purín, (30-40 m<sup>3</sup>; purín de cebo composición media de 4,5 kg N-NH<sub>4</sub> -3,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- 4,0 kg K<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>) ajustadas a las extracciones de los cultivos, no afectaron a los contenidos de nutrientes en el suelo después de tres años de aplicación. El estudio económico comparativo realizado entre la fertilización mineral (NPK) y la fertilización con purines, mostró que en las condiciones en las que se llevo a cabo el ensayo con una distancia a la granja de 10 km, la fertilización con purines fue económicamente muy rentable, con un ahorro de más del 47% de los costes del fertilizante mineral.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) con el proyecto RTA04-114 y el Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón a través de las actividades previstas en el marco del Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2007-2013, proyecto demostración “Establecimiento de un plan de fertilización con purín porcino- sureste de la Hoya de Huesca y norte del área de Zaragoza”. Los autores, también desean agradecer al agricultor del ensayo Gerardo Rozas el interés y disposición para realizar el ensayo.

## REFERENCIAS

- Angás, P., Lampurlanés, J., Cantero-Martínez, C. (2005). Tillage and N fertilization: Effects on N dynamics and Barley yield under semiarid Mediterranean conditions. *Soil and Tillage Research*. Volume 87(1):59-71.
- Archer, D.W., Halvorson, A.D., Ruele, C.A (2008). Economics of irrigated continuous corn under conventional till and no till in northern Colorado. *Agronomy Journal*. 100: 1166-1172.
- ASAE. (1993). American Society of Agricultural Engineers. Agricultural machinery management data. D497.4. St Joseph, MI, USA.
- Bescansa, P., Imaz, M.J., Pérez de Ciriza, J.J., Delgado, J., Irañeta, I., Díaz, E. (2006). Olite: un ensayo de larga duración sobre laboreo de conservación y calidad de suelos. *Navarra Agraria*: julio-agosto-Septiembre.15-22.
- Brechin, J., McDonalds, G.K (1994). Effect of form and rate of pig slurry on the growth, nutrient uptake, and yield of barley (c.v Galleon). *Australian Journal Experimental Journal of Agriculture*. 34, 505-510.
- Eghball, B., Gilley J.E. (2001). Phosphorus risk assessment index evaluation using runoff measurements. *Journal Soil Water Conservation*. 56:202-206.
- Eghball, B., Power, J.F (1999). Composted and noncomposted manure application to conventional and no-tillage systems: corn yield and nitrogen uptake. *Agronomy Journal*. J. 91:819-825.

- Galantini, J.A., Suñer, L.G., Iglesias O.J (2007). Sistemas de labranzas en el fósforo: Efectos de largo sobre las formas de fósforo en el suelo. Disponible en: [http://www.inta.gov.ar/ediciones/ria/36\\_1/art4.htm](http://www.inta.gov.ar/ediciones/ria/36_1/art4.htm)
- Iguácel F., Yagüe, M.R., Orús, F., Quílez D. (2007). Evaluación de costes de sistemas y equipos de aplicación de purín. Gobierno de Aragón. *Informaciones técnicas*. Núm 179. 16 pág.
- Jensen, L.S., Petersen, I.S., Hansen, T.B., Nielsen, N.E. (2000). Turnover and fate of <sup>15</sup>N-labelled cattle slurry ammonium-N applied in the autumn to winter wheat. *European Journal of Agronomy*. 12: 23-35.
- López, M.V., Arrúe, J.L. (1997). Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain. *Soil and Tillage Research*. 44: 35-54.
- López, M.V., Arrúe, J.L., Sánchez-Girón, V. (1996). A comparison between seasonal changes in soil water storage and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragón. *Soil and Tillage Research*. 37:251-271.
- López, M.V., Sabre, M., Arrúe, J.L., Gomes, L. (1998). Tillage effects on soil surface conditions and dust emission by erosion in semiarid Aragón (NE Spain). *Soil and Tillage Research*. 45:90-105.
- MARM. (2010). Disponible en: <http://www.marm.es>.
- Pérez de Ciriza, J.J., Yanguas R., Delgado, J., Carro, P (2007). Sistemas de laboreo en zonas cerealistas. *Navarra agraria*. Julio-Agosto:11-16.
- Petersen, J. (1996). Fertilization of spring barley by combination of pig slurry and mineral nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge, 127:151-159.
- SAS. (1999-2001). SAS Institute Inc 1999-2001 SAS/SAT. Software V 8.2. Cary, NC. USA.
- Singer, J.W., Kohler, K.A., Liebman, M., Richard, T.L., Cambardella, C.A., Buhler D.D. (2004). Tillage and Compost Affect Yield of Corn, Soybean, and Wheat and Soil Fertility. *Agronomy Journal*. 96:531-537.
- Zibilske, L. M., Bradford, J.M. (2003). Tillage Effects on Phosphorus Mineralization and Microbial Activity. *Soil Science*. Volume 168 (10): 677-685.